

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-122813

(43)Date of publication of application : 12.05.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 05-269241

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 27.10.1993

(72)Inventor : HORIKAWA HIDEAKI

NAKAMURA KOJI

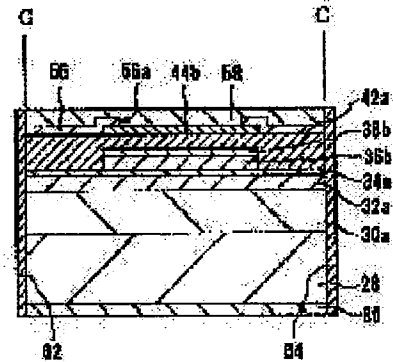
NAKAJIMA TETSUHIITO

## (54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR LASER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To stabilize operational characteristics and to reduce an oscillation threshold voltage in a semiconductor laser w' formed by providing a non-optical absorption region to an end part of an optical resonator.

**CONSTITUTION:** An n-InGaP clad layer 30a, an n-InGaAsP guide layer 32a, an n-InGaP etching stop layer 34a, an InGaAs/GaAs strain quantum well active layer 36b, a p-InGaP protective layer 38b, a p-InGaP clad layer 42a and a p-GaAs contact layer 44b are laminated on an n-GaAs substrate 28 one by one to form a mesa stripe structure. A p-InGaP current block layer and an n-InGaP current block layer are laminated on the clad layer 30a at both side parts of the structure one by one. Since an InGaAsP semiconductor material which resists oxidation is used, operational characteristics can be stabilized. Furthermore, an oscillation threshold voltage can be reduced since a mesa stripe structure is buried by a current block layer.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A manufacturing method of a semiconductor laser characterized by comprising the following. In manufacturing a semiconductor laser which establishes a non-optical absorption field in the one resonator edge face [ of an optical resonator ], and resonator edge face side of another side, respectively, A process of laminating the first conductivity-type bottom cladding layer, a undoped InGaAsP guide layer, a undoped InGaP etching stop layer, an active layer, and a second conductivity-type InGaP protective layer of an opposite conductivity type [ conductivity type / first ] one by one on the first conductivity-type GaAs substrate.

A process of etching said protective layer and an active layer, reaching on the other hand, and forming an island-shape protective layer and an island-shape active layer between non-optical absorption fields of another side.

A process of laminating the second conductivity-type upper clad layer and the second conductivity-type GaAs contact layer one by one on said island-shape protective layer.

Each class from said contact layer to a bottom cladding layer is etched, A process of forming mesa stripe structure from one resonator edge face position to a resonator edge face position of another side, A process of laminating the second conductivity-type bottom block layer and the first conductivity-type upper block, and embedding said mesa stripe structure side part by these block layers one by one on a bottom cladding layer of said mesa stripe structure side part, A process of etching a contact layer of said mesa stripe structure, reaching on the other hand, and forming an island-shape contact layer between non-optical absorption fields of another side.

[Claim 2]A manufacturing method of a semiconductor laser characterized by comprising the following. In manufacturing a semiconductor laser which establishes a non-optical absorption field in the one resonator edge face [ of an optical resonator ], and resonator edge face side of another side, respectively, A process of laminating the first conductivity-type bottom cladding layer, a first conductivity-type InGaAsP guide layer, a first conductivity-type InGaP etching stop layer, an active layer, and a second conductivity-type InGaP protective layer of an opposite conductivity type [ conductivity type / first ] one by one on the first conductivity-type GaAs substrate.

A process of etching said protective layer and an active layer, reaching on the other hand, and forming an island-shape protective layer and an island-shape active layer between non-optical absorption fields of another side.

A process of laminating the second conductivity-type upper clad layer and the second conductivity-type GaAs contact layer one by one on said island-shape protective layer.

Each class from said contact layer to a bottom cladding layer is etched, A process of forming mesa stripe structure from one resonator edge face position to a resonator edge face position of another side, A process of laminating the second conductivity-type bottom block layer and the first conductivity-type upper block, and embedding said mesa stripe structure side part by these block layers one by one on a bottom cladding layer of said mesa stripe structure side part, A process of etching a contact layer of said mesa stripe structure, reaching on the other hand, and forming an island-shape contact layer between non-optical absorption fields of another side.

[Claim 3]A manufacturing method of a semiconductor laser having made a bottom cladding layer and an upper clad layer into an InGaP layer, or making a bottom cladding layer and an upper clad layer into InGaAsP layers in a manufacturing method of the semiconductor laser according to claim 1 or 2.

[Claim 4]A manufacturing method of a semiconductor laser having made a bottom block layer and an upper block layer into an InGaP layer, or making a bottom block layer and an upper block layer into InGaAsP layers in a manufacturing method of the semiconductor laser according to claim 1 or 2.

[Claim 5]In a manufacturing method of the semiconductor laser according to claim 1 or 2, an active layer, An InGaAs/GaAs distortion amount child well layer, an InGaAsP/GaAs distortion amount child well layer, A manufacturing method of a semiconductor laser by which being referred to as some one of an InGaAsP/InGaAs distortion amount child well layer, an InGaAsP/InGaAs/GaAs distortion amount child well layer, InGaAsP layers, and the GaAs layers.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the manufacturing method of a semiconductor laser, especially the semiconductor laser of the structure which controlled the optical damage to the optical resonator end face.

[0002]

[Description of the Prior Art]Conventionally, there are some which are indicated by literature 1:IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS VOL.25, NO.6, pp 1495-1499, and JUNE 1989 as this kind of a semiconductor laser. Drawing 11 and drawing 12 are the perspective views showing the manufacturing process of this conventional semiconductor laser roughly.

[0003]In the manufacture, first, the substrates face (100) of p-GaAs substrate 10 is etched, and the mesa island-shape object 10a is formed. The mesa island-shape object 10a is made to estrange from the both-ends side of the substrate 10, respectively (drawing 11 (A)). Next, the n-GaAs current block layer 12 is grown up on the mesa island-shape object 10a by the LPE (Liquid Phase Epitaxial) method (drawing 11 (B)). Next, the current block layer 12 is etched and the two ridges 12a and 12b arranged in parallel are formed. The mesa island-shape object 10a is exposed among these ridges 12a and 12b (drawing 11 (C)). Next, on the ridge 12a and 12b by the LPE method one by one, The p-GaAlAs bottom cladding layer 14, the p-GaAlAs guide layer 16, the undoped GaAlAs active layer 18, the n-GaAlAs confining layer 20, and the n-GaAlAs buffer layer 22 are laminated (drawing 11 (D)). Next, the buffer layer 22, the confining layer 20, and the active layer 18 are etched one by one, and the island-shape buffer layer 22a, the island-shape confining layer 20a, and the island-shape active layer 18a are formed between the non-optical absorption fields B by the side of the non-light absorption amount A by the side of one end face of an optical resonator, and the end face of another side (drawing 12 (A)). Each class 22, 20, and 18 is removed from the non-light absorption amount fields A and B, and the guide layer 16 is exposed in these fields A and B. Next, the n-GaAlAs upper clad layer 24 and n-GaAs contact layer 26 are laminated one by one on the guide layer 16 by the MOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy) method (drawing 12 (B)). The buffer layer 22a, the confining layer 20a, and the active layer 18a of island shape are embedded by the upper clad layer 24. next — not illustrating, either — n lateral electrode on p lateral electrode and the contact layer 26 at the substrate rear side, [ form and ] Furthermore a high reflection film (High Reflecting Film) is formed in one end face of an optical resonator in the end face of a low reflective film (Antireflecting Film) and another side, and a semiconductor laser is completed.

[0004]In this semiconductor laser, in order to form NAM (Non-absorbingmirrors) structure by removing the active layer 18 from the non-optical absorption fields A and B and to lose the current injection to the non-optical absorption fields A and B, the current block layer 12 is formed. The optical damage to the optical resonator end face (COD:CatastrophicOpticalDamage) is controlled by decreasing generation of heat by optical absorption and current injection in the non-optical absorption fields A and B. Moreover by control of COD, a long lasting semiconductor laser can be provided by high power.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, in the conventional technology mentioned above, the n-GaAlAs upper clad layer 24 is laminated on the p-GaAlAs bottom cladding layer 16 with MOVPE method. It is because it is difficult to carry out crystal growth on the exposed GaAlAs upper clad layer

24 in the LPE method to use MOVPE method. However, if MOVPE method is used, aluminum will oxidize easily. Since it will be ruined, therefore a crystal defect will be produced if aluminum oxidizes, it becomes difficult to maintain the operating characteristic of a semiconductor laser to stability over a long period of time.

[0006] moreover — since the active layer 18a was made to extend broadly and is provided in the active layer transverse direction (arrangement direction of the ridges 12a and 12b) in the conventional technology mentioned above — an active layer transverse direction — the current to kick closes, eye \*\* is weak and, as a result, oscillation threshold voltage becomes high.

[0007] Providing the manufacturing method of the semiconductor laser which the roughness of a crystal interface can be decreased, and the current in an active layer transverse direction can moreover close, and can strengthen eye \*\* has this invention in order to solve the conventional problem mentioned above.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain this purpose, a manufacturing method of a semiconductor laser of the first invention, In manufacturing a semiconductor laser which establishes a non-optical absorption field in the one resonator edge face [ of an optical resonator ], and resonator edge face side of another side, respectively, On the first conductivity-type GaAs substrate, one by one The first conductivity-type bottom cladding layer, a undoped InGaAsP guide layer, Etch a process of laminating a undoped InGaP etching stop layer, an active layer, and a second conductivity-type InGaP protective layer of an opposite conductivity type [ conductivity type / first ], and a protective layer and an active layer, and, on the other hand, and between non-optical absorption fields of another side, A process of forming an island-shape protective layer and an island-shape active layer, and a process of laminating the second conductivity-type upper clad layer and the second conductivity-type GaAs contact layer one by one on an island-shape protective layer, A process of etching each class from a contact layer to a bottom cladding layer, and forming mesa stripe structure from one resonator edge face position to a resonator edge face position of another side, A process of laminating the second conductivity-type bottom block layer and the first conductivity-type upper block, and embedding a mesa stripe structure side part by these block layers one by one on a bottom cladding layer of a mesa stripe structure side part, and a contact layer of mesa stripe structure are etched, A process of reaching on the other hand and forming an island-shape contact layer between non-optical absorption fields of another side is included.

[0009] In a manufacturing method of a semiconductor laser of the second invention manufacturing a semiconductor laser which establishes a non-optical absorption field in the one resonator edge face [ of an optical resonator ], and resonator edge face side of another side, respectively, On the first conductivity-type GaAs substrate, one by one The first conductivity-type bottom cladding layer, a first conductivity-type InGaAsP guide layer, Etch a process of laminating a first conductivity-type InGaP etching stop layer, an active layer, and a second conductivity-type InGaP protective layer of an opposite conductivity type [ conductivity type / first ], and a protective layer and an active layer, and, on the other hand, and between non-optical absorption fields of another side, A process of forming an island-shape protective layer and an island-shape active layer, and a process of laminating the second conductivity-type upper clad layer and the second conductivity-type GaAs contact layer one by one on an island-shape protective layer, A process of etching each class from a contact layer to a bottom cladding layer, and forming mesa stripe structure from one resonator edge face position to a resonator edge face position of another side, A process of laminating the second conductivity-type bottom block layer and the first conductivity-type upper block, and embedding a mesa stripe structure side part by these block layers one by one on a bottom cladding layer of a mesa stripe structure side part, and a contact layer of mesa stripe structure are etched, A process of reaching on the other hand and forming an island-shape contact layer between non-optical absorption fields of another side is included.

[0010] It is the second invention that transposed a undoped InGaAsP guide layer and a undoped InGaP etching stop layer of the first invention to a first conductivity-type InGaAsP guide layer and a first conductivity-type InGaP etching stop layer, respectively.

[0011] In any [ of the first and the second invention ] case, a bottom cladding layer and an upper clad layer can be made into an InGaP layer, or it can make InGaAsP layers a bottom cladding layer and an upper clad layer.

[0012]In any [ of the first and the second invention ] case, a bottom block layer and an upper block layer can be made into an InGaP layer, or it can make InGaAsP layers a bottom block layer and an upper block layer.

[0013]Furthermore, in any [ of the first and the second invention ] case, an active layer An InGaAs/GaAs distortion amount child well layer, It can be referred to as some one of an InGaAsP/GaAs distortion amount child well layer, an InGaAsP/InGaAs distortion amount child well layer, an InGaAsP/InGaAs/GaAs distortion amount child well layer, InGaAsP layers, and the GaAs layers.

[0014]

[Function]According to the first and the second invention, since a semiconductor laser is manufactured using the InGaAsP system semiconductor material which does not contain aluminum, roughness of a crystal growth interface can be lessened.

[0015]Since the mesa stripe structure containing an active layer is formed and the side part of this structure is embedded in the bottom and an upper block layer, respectively, the current in an active layer transverse direction can close, and eye \*\* can be strengthened.

[0016]Furthermore the contact layer of mesa stripe structure is etched, on the other hand, it reaches, and an island-shape contact layer is formed between the non-optical absorption fields of another side. Therefore, when pouring current into the active layer of mesa stripe structure via an island-shape contact layer, it can lose substantially that reach on the other hand and current is poured into the non-optical absorption field of another side.

[0017]

[Example]Hereafter, with reference to drawings, it explains per example of an invention. The drawing is only roughly shown to such an extent that it can understand an invention, therefore it does not limit an invention to the example of a graphic display.

[0018]Drawing 1 - drawing 9 are the explanatory views of an example, and show main manufacturing processes gradually. The sectional view corresponding to the section where drawing 2, drawing 5, and drawing 7 took a top view, drawing 1, drawing 3, and drawing 4 along the II-II line of drawing 2, the sectional view corresponding to the section which took drawing 6 along the V-V line of drawing 5, drawing 8, and drawing 9 are the sectional views corresponding to the section taken along the VII -VII line of drawing 7. First, it explains per example of the first invention.

[0019](1-1) In manufacturing the semiconductor laser which establishes the non-optical absorption fields A and B in the one resonator edge face [ of an optical resonator ], and resonator edge face side of another side, respectively, First, on first conductivity-type GaAs substrate 28 one by one, The first conductivity-type InGaP bottom cladding layer 30, the undoped InGaAsP guide layer 32, the undoped InGaP etching stop layer 34, the active layer 36, and the second conductivity-type InGaP protective layer 38 of an opposite conductivity type [ conductivity type / first ] are laminated.

[0020]In this example, the first conductivity type by using a n type and the second conductivity type as a p type with MOVPE method. On the substrates face (100) 28a of n-GaAs substrate 28, one by one, The n-InGaP bottom cladding layer 30, the undoped InGaAsP guide layer 32, the undoped InGaP etching stop layer 34, the InGaAs/GaAs distortion amount child well active layer 36, and the p-InGaP protective layer 38 are grown epitaxially (drawing 1). These each class 32, 34, 36, and 38 is grown up one by one as a crystal which continued while making the substrates face (100) 28a carry out lattice matching.

[0021]Since a presentation and thickness of the guide layer 32 affect the oscillation characteristic of a semiconductor laser, it is necessary to determine the presentation and thickness as a proper value. Here, the presentation of the guide layer 32 shall be set that the bandgap wavelength of the guide layer 32 shall be about 760-830 nm, and the thickness of the guide layer 32 shall be about 0.1-0.2 micrometer.

[0022]The active layer 36 has the quantum well structure which comprises a strained super lattice, laminates these InGaAs layers and a GaAs layer by turns, and forms a strained super lattice so that a undoped InGaAs layer may be inserted between undoped GaAs layers. In this case, the oscillation wavelength of a semiconductor laser is controllable by determining suitably the presentation and thickness of a undoped InGaAs layer which form a strained super lattice. For example, what is necessary is just to form a undoped  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  layer (however,  $0.15 \leq x \leq 0.18$ ) about 6-7 nm thick, in order for an oscillation wavelength to be about 980 nm.

[0023](1-2) Next, etch the protective layer 38 and the active layer 36, on the other hand, reach, and form the island-shape protective layer 38a and the island-shape active layer 36a among the non-optical absorption fields A and B of another side.

[0024]In this example, it crosses all over a protective layer on the protective layer 38, and etching mask material, for example,  $\text{SiO}_2$ , is laminated. With photolitho and etching technology, etching mask material is etched and the appropriate back forms the etching mask 40 (drawing 2). Preferably, only etching mask material is selectively etched so that the protective layer 38 may not be etched.

[0025]The etching mask 40 covers the field corresponding to the island-shape protective layer 38a and the island-shape active layer 38a, and exposes the non-optical absorption fields A and B. If the optical resonator for constituting one semiconductor laser reaches on the other hand, the numerals C are attached and the position of the resonator edge face of another side is shown, in laser beam emission direction I, the center section in the field across which the resonator edge face position C of these one side and another side faces will be covered with the etching mask 40. And only the distance T1 makes one [ the etching mask 40 and ] resonator edge face position C estrange, and the field from the etching mask 40 to one resonator edge face position C is exposed as the non-optical absorption field A. Only the distance T2 makes the resonator edge face position C of the etching mask 40 and another side estrange, and the field from the etching mask 40 to the resonator edge face position C of another side is exposed as the non-optical absorption field B. Therefore, the width of these fields A and B in emission direction I is T1 and T2, respectively. Width T3 of the etching mask 40 in emission direction I determines the length of the island-shape active layer 36a in emission direction I, and width T3 participates [ therefore ] in the oscillation threshold voltage, the oscillation efficiency, and the horsepower output of a semiconductor laser closely. Here, in consideration of this, it may be about width T3=500-700micrometer.

[0026]That two or more semiconductor lasers should be manufactured in the same process in parallel, emission direction I of laser oscillation light is made to estrange two or more etching masks 40 with the prescribed interval T0, parallel arrangement is carried out, and stripe shape is made to extend in direction RO which intersects these etching masks 40 perpendicularly with emission direction I, respectively. In this case, the interval T0 is equal to the sum of the width T1 of the non-optical absorption field A, and the width T2 of the non-optical absorption field B, for example, if T1 and T2 are set to T1=T2=25micrometer like the case of conventional technology, it will be T0=50micrometer.

Direction I and RO are directions parallel to the direction shown in the table 1 cited below, respectively.

[0027]If it finishes forming the etching mask 40, it will rank second, and the protective layer 38 will be selectively etched so that the active layer 36 may not be etched, and the island-shape protective layer 38a will be formed (drawing 3 (A)). Etching removal of the protective layer 38 of the field corresponding to the non-optical absorption fields A and B is carried out by Fukashi who results in the active layer 36, and the island-shape protective layer 38a which comprises the protective layer 38 which remains to the field corresponding to the etching mask 40 is obtained. The wet etching which used chlorine-based etchant, for example can perform such selective etching. What is necessary is just to use what mixed commercial HCl for electronic industry, and  $\text{H}_2\text{O}$  by the volume ratio 4:1, for example as chlorine-based etchant. The appropriate back carries out etching removal of the etching mask 40. Preferably, etching removal of the etching mask 40 is selectively carried out so that the active layer 36 and the island-shape protective layer 38a may not be etched. The wet etching which used \*\*\*\*, for example as etchant can perform this selective etching.

[0028]Subsequently, using the island-shape protective layer 38a as an etching mask, the active layer 36 is selectively etched so that this layer 38a may not be etched, and the island-shape active layer 36a is formed (drawing 3 (B)). Etching removal of the active layer 36 of the field corresponding to the non-optical absorption fields A and B is carried out by Fukashi who results in the etching stop layer 32, and the island-shape active layer 36a which comprises the active layer 36 which remains to the field corresponding to the island-shape protective layer 38a is obtained. The wet etching which used the mixed liquor of ammonia and hydrogen peroxide, for example as etchant can perform such selective etching. As mixed liquor of ammonia and hydrogen peroxide, For example, although what is necessary is just to use what mixed the commercial ammonia solution for electronic industry, the commercial hydrogen peroxide solution for electronic industry, and pure water by the volume ratio 1:4:15, after

etching the active layer 36 into a depth direction in this case, etching goes also to a transverse direction (direction in alignment with the active layer 36). Then, if etching removal of the active layer 36 of the field corresponding to the non-optical absorption fields A and B is carried out by Fukashi who results in the etching stop layer 32, therefore the island-shape active layer 36a is formed, etchant is flushed with water promptly after that that lateral etching should be controlled as much as possible. Since the island-shape active layer 36a can be formed by in the case of the etchant which mixed ammonia, hydrogen peroxide, and water by the mole ratio 1:4:15 the temperature of etchant being 20 °C and performing selective etching for about 10 seconds, What is necessary is just to flush etchant with water promptly after etching for about 10 seconds.

[0029]NAM (Non-absorbing Mirros) structure can be formed by removing the active layer 36 from the non-optical absorption fields A and B as mentioned above, and forming the island-shape active layer 36a among these fields A and B.

[0030](1-3) Next, laminate the second conductivity-type InGaP upper clad layer 42 and second conductivity-type GaAs contact layer 44 one by one on the island-shape protective layer 38a.

[0031]In this example, the p-InGaP upper clad layer 42 and p-GaAs contact layer 44 are grown epitaxially one by one on the island-shape protective layer 38a with MOVPE method (drawing 4). These each class 42 and 44 is grown up one by one as a crystal which continued while making the substrates face (100) 28a carry out lattice matching.

[0032]It is emitted from the island-shape active layer 36a, the non-optical absorption fields A and B are spread, a resonator edge face is reached, it is reflected in a resonator edge face, and laser oscillation light enters into the island-shape active layer 36a again. In order to enter laser oscillation light in the island-shape active layer 36a efficiently in the case of this re incidence, the band gap of the guide layer 32 is made smaller than the bottom cladding layer 30, the etching stop layer 34, and the upper clad layer 42, and it is made larger than the island-shape active layer 36. By considering it as mesa stripe structure so that the guide layer 32 may be later mentioned with this, the waveguide structure of light can be formed in accordance with this mesa stripe structure, and, as a result, re incidence of the laser oscillation light can be efficiently carried out to the island-shape active layer 36.

[0033]The laser oscillation absorption of light in the non-optical absorption fields A and B is controlled by making transparent the bottom cladding layer 30, the guide layer 32, the etching stop layer 34, and the upper clad layer 42 to an oscillation wavelength. As a result, destruction of the optical resonator by optical absorption can be controlled.

[0034](1-4) Next, etch each class from the contact layer 44 to the bottom cladding layer 30, and form the mesa stripe structure 46 from one resonator edge face position C to the resonator edge face position C of another side.

[0035]In this example, it crosses all over a contact layer on the contact layer 44, and etching mask material, for example, SiO<sub>2</sub>, is laminated. With photolitho and etching technology, etching mask material is etched and the appropriate back forms the etching mask 48 (drawing 5). Preferably, only etching mask material is selectively etched so that the contact layer 44 may not be etched.

[0036]The etching mask 48 covers the field (henceforth, mesa stripe formation area D) corresponding to the mesa stripe structure 46, and exposes the other field (following and mesa stripe agensis field E). If the numerals D are attached and the edge position of another side is shown also in direction RO of the field which forms one semiconductor laser, in direction RO, the center section in the field across which the edge position D of these one side and another side faces will be covered with the etching mask 48. And only prescribed distance makes one [ the etching mask 48 and ] edge position D estrange, and the field from the etching mask 48 to one edge position D is exposed as one mesa stripe agensis field E. Only prescribed distance makes the edge position D of the etching mask 48 and another side estrange, and the field from the etching mask 48 to the edge position D of another side is exposed as the mesa stripe agensis field E of another side.

[0037]That two or more semiconductor lasers should be manufactured in the same process in parallel, direction RO is made to estrange two or more etching masks 48 at intervals of a prescribed interval, for example, 350 micrometers, parallel arrangement is carried out, and these etching masks 48 are made to extend in stripe shape at emission direction I.

[0038]When finishing forming the etching mask 48, rank second and by wet etching. Each class of the



contact layer 44, the upper clad layer 42, the island-shape protective layer 38a, the island-shape active layer 36a, the etching stop layer 34, the guide layer 32, and the bottom cladding layer 30 is etched one by one, Sectional shape forms the mesa stripe structure 46 which comprises the mesa contact layer 44a, the mesa upper clad layer 42a, the mesa protective layer 38b, the mesa active layer 36b, the mesa etching stop layer 34a, the mesa guide layer 32a, and the mesa bottom cladding layer 30a of mesa shape, respectively (drawing 6 (A)). The bottom cladding layer 30 is formed in the planoconvex type layer which has the mesa bottom cladding layer 30a and the flat part 30b in which thickness is thinner than this. the flat part 30b — it has the almost flat surface.

[0039]Such etching can be performed by using the etchant which comprises the mixed liquor of HBr,  $H_2O_2$ , and  $H_2O$ , for example. By the width of the etching mask 48 in direction RO being 3–5 micrometers, the mesa active layer 36b whose width in direction RO is about 1–2 micrometers is formed.

[0040](1–5) Next, on the bottom cladding layer 30 of the side part of the mesa stripe structure 46, one by one, laminate the second conductivity-type InGaP bottom block layer 50 and the first conductivity-type InGaP upper block 52, and embed the side part of the mesa stripe structure 46 by these block layers 50 and 52.

[0041]In this example, the p-InGaP bottom block layer 50 and the n-InGaP upper block layer 52 are grown epitaxially one by one on the flat part 30b of the bottom cladding layer 30 with MOVPE method (drawing 6 (B)). These each class 50 and 52 is grown up one by one as a crystal which continued while making the substrates face (100) 28a carry out lattice matching. The appropriate back carries out etching removal of the etching mask 48. Preferably, etching removal of the etching mask 48 is selectively carried out so that the upper block layer 52 may not be etched.

[0042]Since the bottom block layer 50 and the upper block layer 52 form pn junction in the mesa stripe agensis field E and pn junction is not formed in the mesa stripe formation area D, the current injection efficiency to the mesa active layer 36b can be raised.

[0043](1–6) Next, etch the contact layer 44 of the mesa stripe structure 46, on the other hand, reach, and form the island-shape contact layer 44b between the non-optical absorption fields of another side.

[0044]In this example, it crosses all over these layers on the contact layer 44 44a of the mesa stripe structure 46, i.e., a mesa contact layer, and the upper block layer 52, and etching mask material, for example,  $SiO_2$ , is laminated. With photolitho and etching technology, etching mask material is etched and the appropriate back forms the etching mask 54 (drawing 7). Preferably, only etching mask material is selectively etched so that the mesa contact layer 44a and the upper block layer 52 may not be etched.

[0045]The etching mask 54 covers the mesa contact 44a of the field which sees superficially and overlaps the mesa active layer 36b mostly, and exposes the mesa contact layer 44a of the other field.

[0046]That two or more semiconductor lasers should be manufactured in the same process in parallel, emission direction I is made to estrange two or more etching masks 54 with a prescribed interval, parallel arrangement is carried out, and these etching masks 54 are made to extend in stripe shape at direction RO.

[0047]If it finishes forming the etching mask 54, it will rank second and the island-shape contact layer 44b which remains in island shape will be formed in the field which etches the mesa contact layer 44a, sees superficially, and overlaps the mesa active layer 36b by wet etching (drawing 8 (A)). Preferably, the mesa contact layer 44a is selectively etched so that the upper block layer 52 may not be etched. The appropriate back carries out etching removal of the etching mask 54.

[0048](1–7) As it ranks second and is shown in drawing 8 (B), form the wrap insulator layer 56, for example,  $SiO_2$ , for these each class 44b and 52 on the island-shape contact layer 44b and the upper block layer 52, and the appropriate back forms the window 56a which exposes the island-shape contact layer 44b to this insulator layer 56. Subsequently, the electrode 58 is formed on the island-shape contact layer 44b exposed via the window 56a. The electrode 60 is formed in a substrate rear. In this example, in the first conductivity type, since a n type and the second conductivity type are used as a p type, as for the electrode 58, p lateral electrode and the electrode 60 turn into n lateral electrode.

[0049]Since the island-shape contact layer 44b is formed in the field which sees superficially and overlaps the mesa active layer 36b mostly and is not formed in the other field, on the other hand, it reaches and current is not poured into the non-optical absorption fields A and B of another side. As a result, destruction of the optical resonator by current injection can be controlled.

[0050] Subsequently, as shown also in drawing 9, on the other hand, reach and cleavage is carried out in the resonator edge face position C of another side, The high reflection film (High Reflecting Film) 62 is formed in one resonator edge face, and the appropriate back forms the low reflective film (Anti-Reflecting Film) 64 in the resonator edge face of another side. On the other hand, it reaches, the appropriate back carries out cleavage in the edge position F of another side, a semiconductor laser is divided into each element, and a semiconductor laser is completed.

[0051] In the example mentioned above, a n type and the second conductivity type are used as a p type for the first conductivity type, and also a p type and the second conductivity type can be used as a n type for the first conductivity type. Or the bottom cladding layer 30 and the upper clad layer 42 are made into an InGaP layer, and also they can be made into InGaAsP layers. Or the bottom block layer 50 and the upper block layer 52 are made into an InGaP layer, and also they can be made into InGaAsP layers. Make the active layer 36 into an InGaAs/GaAs distortion amount child well layer, and also Or an InGaAsP/GaAs distortion amount child well layer (quantum well layer which comprises the strained super lattice formed using InGaAsP and GaAs), An InGaAsP/InGaAs distortion amount child well layer (quantum well layer which comprises the strained super lattice formed using InGaAsP and InGaAs), It can be referred to as some one of an InGaAsP/InGaAs/GaAs distortion amount child well layer (quantum well layer which comprises the strained super lattice formed using InGaAsP, InGaAs, and GaAs), InGaAsP layers, and the GaAs layers. The active layer 36 is good as undoped, and good also considering the active layer 36 as an active layer of the first conductivity type or the second conductivity type.

[0052] Drawing 10 is a figure showing an example of the optical power-actuating current characteristic in connection with the semiconductor laser manufactured in the example of the first invention mentioned above, and actuating current (mA) is taken and shown on optical power (mW) and a horizontal axis at a vertical axis. In the example shown in the figure, the semiconductor laser which set width T1 and T2 of 700 micrometers and the non-optical absorption fields A and B to 40 micrometers for the length of the mesa active layer 36b in emission direction I, respectively, therefore set optical resonator length to 780 micrometers was manufactured. And in the room temperature of 20 \*\*, continuous action of this semiconductor laser was carried out, and the optical power-actuating current characteristic was measured. Since it is considered as the embedded structure which embedded the mesa stripe structure 46 by the current block layers 50 and 52, an oscillation threshold is 5-7 mA. As for the case of this example, in the case of the literature 1 described by the paragraph of conventional technology, as compared with the oscillation threshold having been 40 mA, the oscillation threshold of a semiconductor laser can be substantially made small. In the case of this example, he can understand that COD is not observed to near 180 mA of a horsepower output, therefore NAM structure can be formed effectively.

[0053] Next, it explains per example of the second invention. This example the undoped InGaAsP guide layer 32 and the undoped InGaP etching stop layer 34 of an example of the first invention which were mentioned above, respectively, It is an example replaced with the first conductivity-type InGaAsP guide layer 32 and the first conductivity-type InGaP etching stop layer 34, and others are the same as that of the example of the first invention mentioned above. Hereafter, the detailed explanation is omitted about the same point as the example of the first invention.

[0054] (2-1) In manufacturing the semiconductor laser which establishes the non-optical absorption fields A and B in the one resonator edge face [ of an optical resonator ], and resonator edge face side of another side, respectively, First, on first conductivity-type GaAs substrate 28 one by one, The first conductivity-type InGaP bottom cladding layer 30, the first conductivity-type InGaAsP guide layer 32, the first conductivity-type InGaP etching stop layer 34, the active layer 36, and the second conductivity-type InGaP protective layer 38 of an opposite conductivity type [ conductivity type / first ] are laminated.

[0055] In this example, the first conductivity type by using a n type and the second conductivity type as a p type with MOVPE method. On the substrates face (100) 28a of n-GaAs substrate 28, one by one, The n-InGaP bottom cladding layer 30, the n-InGaAsP guide layer 32, the n-InGaP etching stop layer 34, the InGaAs/GaAs distortion amount child well active layer 36, and the p-InGaP protective layer 38 are grown epitaxially (drawing 1).

[0056] (2-2) Next, etch the protective layer 38 and the active layer 36, on the other hand, reach, and form the island-shape protective layer 38a and the island-shape active layer 36a among the non-optical

absorption fields A and B of another side.

[0057]In this example, the etching mask 40 is formed on the protective layer 38 (drawing 2). The etching mask 40 covers the field corresponding to the island-shape protective layer 38a and the island-shape active layer 38a, and exposes the non-optical absorption fields A and B. Subsequently, the protective layer 38 is selectively etched so that the active layer 36 may not be etched, and the island-shape protective layer 38a is formed (drawing 3 (A)). The appropriate back carries out etching removal of the etching mask 40. Subsequently, using the island-shape protective layer 38a as an etching mask, the active layer 36 is selectively etched so that this layer 38a may not be etched, and the island-shape active layer 36a is formed (drawing 3 (B)).

[0058](2-3) Next, laminate the second conductivity-type InGaP upper clad layer 42 and second conductivity-type GaAs contact layer 44 one by one on the island-shape protective layer 38a.

[0059]In this example, the p-InGaP upper clad layer 42 and p-GaAs contact layer 44 are grown epitaxially one by one on the island-shape protective layer 38a with MOVPE method (drawing 4).

[0060](2-4) Next, etch each class from the contact layer 44 to the bottom cladding layer 30, and form the mesa stripe structure 46 from one resonator edge face position C to the resonator edge face position C of another side.

[0061]In this example, the etching mask 48 is formed on the contact layer 44 (drawing 5). The etching mask 48 covers the field (mesa stripe formation area D) corresponding to the mesa stripe structure 46, and exposes the other field (mesa stripe agenesis field E). Subsequently, each class of the contact layer 44, the upper clad layer 42, the island-shape protective layer 38a, the island-shape active layer 36a, the etching stop layer 34, the guide layer 32, and the bottom cladding layer 30 is etched one by one by wet etching. Sectional shape forms the mesa stripe structure 46 which comprises the mesa contact layer 44a, the mesa upper clad layer 42a, the mesa protective layer 38b, the mesa active layer 36b, the mesa etching stop layer 34a, the mesa guide layer 32a, and the mesa bottom cladding layer 30a of mesa shape, respectively (drawing 6 (A)).

[0062](2-5) Next, on the bottom cladding layer 30 of mesa stripe structure 46 side part, one by one, laminate the second conductivity-type InGaP bottom block layer 50 and the first conductivity-type InGaP upper block 52, and embed mesa stripe structure 46 side part by these block layers 50 and 52.

[0063]In this example, the p-InGaP bottom block layer 50 and the n-InGaP upper block layer 52 are grown epitaxially one by one with MOVPE method in the shape of [ of the bottom cladding layer 30 ] flat part 30b (drawing 6 (B)).

[0064](2-6) Next, etch the contact layer 44 of the mesa stripe structure 46, on the other hand, reach, and form the island-shape contact layer 44b among the non-optical absorption fields A and B of another side.

[0065]In this example, the etching mask 54 is formed on the contact layer 44 44a of the mesa stripe structure 46, i.e., a mesa contact layer, (drawing 7). The etching mask 54 covers the mesa contact 44a of the field which sees superficially and overlaps the mesa active layer 36b mostly, and exposes the mesa contact layer 44a of the other field. Subsequently, the island-shape contact layer 44b which remains in island shape is formed in the field which etches the mesa contact layer 44a, sees superficially, and overlaps the mesa active layer 36b by wet etching (drawing 8 (A)).

[0066](2-7) Rank second, and as shown in drawing 8 (B), cover the upper block layer 52 with the insulator layer 56. The insulator layer 56 has the window 56a which exposes the island-shape contact layer 44b. Subsequently, the electrode 58 is formed on the island-shape contact layer 44b exposed via the window 56a. The electrode 60 is formed in a substrate rear.

[0067]Subsequently, as shown also in drawing 9, on the other hand, it reaches and cleavage is carried out in the resonator edge face position C of another side, the high reflection film 62 is formed in one resonator edge face, and the appropriate back forms the low reflective film 64 in the resonator edge face of another side. On the other hand, it reaches, the appropriate back carries out cleavage in the edge position F of another side, a semiconductor laser is divided into each element, and a semiconductor laser is completed.

[0068]In the example mentioned above, a n type and the second conductivity type are used as a p type for the first conductivity type, and also a p type and the second conductivity type can be used as a n type for the first conductivity type. Or the bottom cladding layer 30 and the upper clad layer 42 are made into an InGaP layer, and also they can be made into InGaAsP layers. Or the bottom block layer 50

and the upper block layer 52 are made into an InGaP layer, and also they can be made into InGaAsP layers. Or make the active layer 36 into an InGaAs/GaAs distortion amount child well layer, and also. An InGaAsP/GaAs distortion amount child well layer (quantum well layer which comprises the strained super lattice formed using InGaAsP and GaAs), An InGaAsP/InGaAs distortion amount child well layer (quantum well layer which comprises the strained super lattice formed using InGaAsP and InGaAs), It can be referred to as some one of an InGaAsP/InGaAs/GaAs distortion amount child well layer (quantum well layer which comprises the strained super lattice formed using InGaAsP, InGaAs, and GaAs), InGaAsP layers, and the GaAs layers. It is good also as undoped in the active layer 36, and good also considering the active layer 36 as an active layer of the first conductivity type or the second conductivity type.

[0069]An invention is not limited only to the example mentioned above and can change [ therefore ] arbitrarily suitably the shape, the size, the arranging position, the formation material, a presentation, the numerical condition, and others of each constituent.

[0070]

[Table 1]

方向イ || < 0 1 1 > 方向

方向ロ || < 0 1  $\bar{1}$  > 方向

[0071]

[Effect of the Invention]Since a semiconductor laser is manufactured using the InGaAsP system semiconductor material which does not contain aluminum according to the manufacturing method of the semiconductor laser of the first and the second invention so that clearly also from the explanation mentioned above, roughness of a crystal growth interface can be lessened. And since the mesa stripe structure containing an active layer is formed and the side part of this structure is embedded in the bottom and an upper block layer, respectively, the current in an active layer transverse direction can close, and eye \*\* can be strengthened. In hard [ slight / this ], the operating characteristic of a semiconductor laser can be maintained over a long period of time more stably than before, and, moreover, oscillation threshold voltage can be reduced conventionally.

[0072]Furthermore the contact layer of mesa stripe structure is etched, on the other hand, it reaches, and an island-shape contact layer is formed between the non-optical absorption fields of another side. Therefore, when pouring current into the active layer of mesa stripe structure via an island-shape contact layer, it can lose substantially that reach on the other hand and current is poured into the non-optical absorption field of another side. Destruction of the optical resonator end face according to current injection in hard [ slight / this ] can be controlled.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 2]It is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 3](A) - (B) is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 4]It is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 5]It is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 6](A) - (B) is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 7]It is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 8](A) - (B) is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 9]It is a manufacturing process figure with which explanation of an example is presented.

[Drawing 10]It is a figure showing the optical power-actuating current characteristic of the semiconductor laser of an example.

[Drawing 11](A) - (D) is a manufacturing process figure with which explanation of conventional technology is presented.

[Drawing 12](A) - (B) is a manufacturing process figure with which explanation of conventional technology is presented.

[Description of Notations]

28: Substrate

30: Bottom cladding layer

32: Guide layer

34: Etching stop layer

36: Active layer

36a: Island-shape active layer

38: Protective layer

38a: Island-shape protective layer

42: Upper clad layer

44: Contact layer

46: Mesa stripe structure

50: Bottom block layer

52: Upper block layer

---

[Translation done.]

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平5-269241

(22) 出願日 平成5年(1993)10月27日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 堀川 英明

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 中村 幸治

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 中島 徹人

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

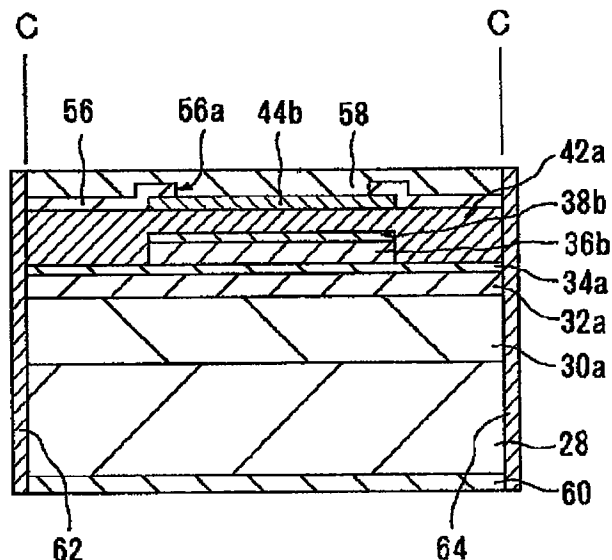
(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 半導体レーザの製造方法

(57) 【要約】

【目的】 光共振器端部に非光吸収領域を設けて成る半導体レーザにおいて、動作特性を安定化し発振閾値電圧を低減する。

【構成】 n-GaAs基板28上に順次にn-InGaP クラッド層30a、n-InGaAsP ガイド層32a、n-InGaP エッチングストップ層34a、InGaAs/GaAs 歪み量子井戸活性層36b、p-InGaP 保護層38b、p-InGaP クラッド層42a 及びp-GaAsコンタクト層44bを積層して、メサストライプ構造を形成する。そしてこの構造両側部のクラッド層30a上に順次にp-InGaP 電流ブロック層及びn-InGaP 電流ブロック層を積層する。酸化しにくいInGaAsP系半導体材料を用いるので動作特性を安定化でき、またメサストライプ構造を電流ブロック層で埋め込むので発振閾値電圧を低減できる。



62 : 高反射膜

64 : 低反射膜

実施例の説明図

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光共振器の一方の共振器端面の側及び他方の共振器端面の側にそれぞれ非光吸収領域を設けて成る半導体レーザを製造するに当り、

第一導電型 GaAs 基板上に順次に、第一導電型下側クラッド層、アンドープ InGaAsP ガイド層、アンドープ InGaP エッチングストップ層、活性層及び第一導電型とは反対導電型の第二導電型 InGaP 保護層を積層する工程と、

前記保護層及び活性層をエッチングし、一方及び他方の非光吸収領域の間に、島状保護層及び島状活性層を形成する工程と、

前記島状保護層上に順次に、第二導電型上側クラッド層及び第二導電型 GaAs コンタクト層を積層する工程と、

前記コンタクト層から下側クラッド層までの各層をエッチングして、メサストライプ構造を一方の共振器端面位置から他方の共振器端面位置まで形成する工程と、

前記メサストライプ構造両側部の下側クラッド層上に順次に、第二導電型下側ブロック層及び第一導電型上側ブロックを積層し、これらブロック層で前記メサストライプ構造両側部を埋め込む工程と、

前記メサストライプ構造のコンタクト層をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域の間に島状コンタクト層を形成する工程とを含んで成ることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項 2】 光共振器の一方の共振器端面の側及び他方の共振器端面の側にそれぞれ非光吸収領域を設けて成る半導体レーザを製造するに当り、

第一導電型 GaAs 基板上に順次に、第一導電型下側クラッド層、第一導電型 InGaAsP ガイド層、第一導電型 InGaP エッチングストップ層、活性層及び第一導電型とは反対導電型の第二導電型 InGaP 保護層を積層する工程と、

前記保護層及び活性層をエッチングし、一方及び他方の非光吸収領域の間に、島状保護層及び島状活性層を形成する工程と、

前記島状保護層上に順次に、第二導電型上側クラッド層及び第二導電型 GaAs コンタクト層を積層する工程と、

前記コンタクト層から下側クラッド層までの各層をエッチングして、メサストライプ構造を一方の共振器端面位置から他方の共振器端面位置まで形成する工程と、

前記メサストライプ構造両側部の下側クラッド層上に順次に、第二導電型下側ブロック層及び第一導電型上側ブロックを積層し、これらブロック層で前記メサストライプ構造両側部を埋め込む工程と、

前記メサストライプ構造のコンタクト層をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域の間に島状コンタクト層を形成する工程とを含んで成ることを特徴とする半導

体レーザの製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザの製造方法において、

下側クラッド層及び上側クラッド層を InGaP 層とし、又は、下側クラッド層及び上側クラッド層を InGaAsP 層としたことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザの製造方法において、

下側ブロック層及び上側ブロック層を InGaP 層とし、又は、下側ブロック層及び上側ブロック層を InGaAsP 層としたことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項 5】 請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザの製造方法において、

活性層を、InGaAs/GaAs 歪み量子井戸層、InGaAsP/GaAs 歪み量子井戸層、InGaAsP/InGaAs 歪み量子井戸層、InGaAsP/InGaAs/GaAs 歪み量子井戸層、InGaAsP 層及び GaAs 層のいずれかひとつとしたことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は半導体レーザ、特に光共振器端面の光学的損傷を抑制するようにした構造の半導体レーザの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、この種の半導体レーザとして、文献 1 : IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS VOL. 25, NO. 6, pp1495 ~1499, JUNE 1989 に開示されているものがある。図 11 及び図 12 はこの従来の半導体レーザの製造工程を概略的に示す斜視図である。

【0003】 その製造に当っては、まず、p-GaAs 基板 10 の (100) 基板面をエッチングして、メサ島状体 10a を形成する。メサ島状体 10a を基板 10 の両端面からそれぞれ離間させる (図 11 (A))。次に、LPE (Liquid Phase Epitaxial) 法により、メサ島状体 10a 上に n-GaAs 電流ブロック層 12 を成長させる (図 11 (B))。次に、電流ブロック層 12 をエッチングして、並列する 2 本のリッジ 12a 及び 12b を形成する。これらリッジ 12a 及び 12b の間でメサ島状体 10a を露出させる (図 11 (C))。次に、LPE 法により、リッジ 12a 及び 12b 上に、順次に、p-GaAlAs 下側クラッド層 14、p-GaAlAs ガイド層 16、アンドープ GaAlAs 活性層 18、n-GaAlAs 閉じ込め層 20 及び n-GaAlAs バッファ層 22 を積層する (図 11 (D))。次に、バッファ層 22、閉じ込め層 20 及び活性層 18 を順次にエッチングし、光共振器の一方の端面側の非光吸収量 A 及び他方の端面側の非光吸収領域 B の間に島状パ

ツファ層 22a、島状閉じ込め層 20a 及び島状活性層 18a を形成する (図 12 (A))。非光吸収領域 A 及び B から各層 22、20 及び 18 を除去し、これら領域 A 及び B においてガイド層 16 を露出させる。次に、MOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy) 法により、ガイド層 16 上に順次に、 $n\text{-GaAlAs}$  上側クラッド層 24 及び  $n\text{-GaAs}$  コンタクト層 26 を積層する (図 12 (B))。島状のバッファ層 22a、閉じ込め層 20a 及び活性層 18a を、上側クラッド層 24 で埋め込む。次に、図示せずも、基板裏面側に p 側電極及びコンタクト層 26 上に n 側電極を形成し、さらに光共振器の一方の端面に低反射膜 (Antireflecting Film) を及び他方の端面に高反射膜 (High Reflecting Film) を形成して、半導体レーザを完成する。

【0004】この半導体レーザでは、非光吸収領域 A、B から活性層 18 を除去することにより NAM (Non-absorbing mirrors) 構造を形成すると共に非光吸収領域 A、B への電流注入をなくすために電流ブロック層 12 を設ける。非光吸収領域 A、B において光吸収及び電流注入による発熱を減少させることにより、光共振器端面の光学的損傷 (COD: Catastrophic Optical Damage) を抑制する。COD の抑制により、高出力でしかも長寿命な半導体レーザを提供できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上述した従来技術では、MOVPE 法により、 $p\text{-GaAlAs}$  下側クラッド層 16 上に  $n\text{-GaAlAs}$  上側クラッド層 24 を積層する。MOVPE 法を用いるのは、LPE 法では、露出させた  $\text{GaAlAs}$  上側クラッド層 24 上に結晶成長させることが困難であることによる。しかし MOVPE 法を用いると Al が酸化し易い。Al が酸化すると下側及び上側クラッド層 16 及び 18 の結晶界面が荒れ従って結晶欠陥を生じるので、半導体レーザの動作特性を長期間にわたり安定に維持することが難しくなる。

【0006】また上述した従来技術では、活性層横方向 (リッジ 12a、12b の配列方向) に活性層 18a を幅広く延在させて設けているので、活性層横方向における電流の閉じ込めが弱く、その結果、発振閾値電圧が高くなる。

【0007】この発明は上述した従来の問題点を解決するため、結晶界面の荒れを減少させることができしかも活性層横方向における電流の閉じ込めを強くすることのできる半導体レーザの製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、第一発明の半導体レーザの製造方法は、光共振器の一方の共振器端面の側及び他方の共振器端面の側にそれぞれ非光吸収領域を設けて成る半導体レーザを製造するに当り、第一導電型  $\text{GaAs}$  基板上に順次に、第一導電

型下側クラッド層、アンドープ  $\text{InGaAsP}$  ガイド層、アンドープ  $\text{InGaP}$  エッチングストップ層、活性層及び第一導電型とは反対導電型の第二導電型  $\text{InGaP}$  保護層を積層する工程と、保護層及び活性層をエッチングし、一方及び他方の非光吸収領域の間に、島状保護層及び島状活性層を形成する工程と、島状保護層上に順次に、第二導電型上側クラッド層及び第二導電型  $\text{GaAs}$  コンタクト層を積層する工程と、コンタクト層から下側クラッド層までの各層をエッチングして、メサストライプ構造を一方の共振器端面位置から他方の共振器端面位置まで形成する工程と、メサストライプ構造両側部の下側クラッド層上に順次に、第二導電型下側ブロック層及び第一導電型上側ブロックを積層し、これらブロック層でメサストライプ構造両側部を埋め込む工程と、メサストライプ構造のコンタクト層をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域の間に島状コンタクト層を形成する工程とを含んで成ることを特徴とする。

【0009】第二発明の半導体レーザの製造方法は、光共振器の一方の共振器端面の側及び他方の共振器端面の側にそれぞれ非光吸収領域を設けて成る半導体レーザを製造するに当り、第一導電型  $\text{GaAs}$  基板上に順次に、第一導電型下側クラッド層、第一導電型  $\text{InGaAsP}$  ガイド層、第一導電型  $\text{InGaP}$  エッチングストップ層、活性層及び第一導電型とは反対導電型の第二導電型  $\text{InGaP}$  保護層を積層する工程と、保護層及び活性層をエッチングし、一方及び他方の非光吸収領域の間に、島状保護層及び島状活性層を形成する工程と、島状保護層上に順次に、第二導電型上側クラッド層及び第二導電型  $\text{GaAs}$  コンタクト層を積層する工程と、コンタクト層から下側クラッド層までの各層をエッチングして、メサストライプ構造を一方の共振器端面位置から他方の共振器端面位置まで形成する工程と、メサストライプ構造両側部の下側クラッド層上に順次に、第二導電型下側ブロック層及び第一導電型上側ブロックを積層し、これらブロック層でメサストライプ構造両側部を埋め込む工程と、メサストライプ構造のコンタクト層をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域の間に島状コンタクト層を形成する工程とを含んで成ることを特徴とする。

【0010】第一発明のアンドープ  $\text{InGaAsP}$  ガイド層及びアンドープ  $\text{InGaP}$  エッチングストップ層をそれぞれ、第一導電型  $\text{InGaAsP}$  ガイド層及び第一導電型  $\text{InGaP}$  エッチングストップ層に置き換えたものが第二発明である。

【0011】第一及び第二発明いずれの場合も、下側クラッド層及び上側クラッド層を  $\text{InGaP}$  層とし、又は、下側クラッド層及び上側クラッド層を  $\text{InGaAsP}$  層とすることができる。

【0012】また第一及び第二発明いずれの場合も、下側ブロック層及び上側ブロック層を  $\text{InGaP}$  層とし、又は、下側ブロック層及び上側ブロック層を  $\text{InGaAs}$

10

20

30

40

50



s P層とすることができる。

【0013】さらに第一及び第二発明いずれの場合も、活性層を、InGaAs/GaAs歪み量子井戸層、InGaAsP/GaAs歪み量子井戸層、InGaAsP/InGaAs歪み量子井戸層、InGaAsP/InGaAs/GaAs歪み量子井戸層、InGaAsP層及びGaAs層のいずれかひとつとすることができる。

【0014】

【作用】第一及び第二発明によれば、Alを含まないInGaAsP系半導体材料を用いて、半導体レーザを製造するので、結晶成長界面の荒れを少なくすることができる。

【0015】また活性層を含むメサストライプ構造を形成し、この構造の両側部をそれぞれ下側及び上側ブロック層で埋め込むので、活性層横方向における電流の閉じ込めを強くすることができる。

【0016】さらにメサストライプ構造のコンタクト層をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域の間に島状コンタクト層を形成する。従ってメサストライプ構造の活性層に島状コンタクト層を介して電流を注入する際に、一方及び他方の非光吸収領域に電流が注入されるのを実質的に無くせる。

【0017】

【実施例】以下、図面を参照し、発明の実施例につき説明する。尚、図面は発明が理解できる程度に概略的に示してあるにすぎず、従って発明を図示例に限定するものではない。

【0018】図1～図9は実施例の説明図であって主要な製造工程を段階的に示す。図2、図5及び図7は平面図、図1、図3及び図4は図2のII-II線に沿って取った断面に対応する断面図、図6は図5のV-V線に沿って取った断面に対応する断面図、図8及び図9は図7のVII-VII線に沿って取った断面に対応する断面図である。まず、第一発明の実施例につき説明する。

【0019】(1-1) 光共振器の一方の共振器端面の側及び他方の共振器端面の側にそれぞれ非光吸収領域A及びBを設けて成る半導体レーザを製造するに当たり、まず、第一導電型GaAs基板28上に順次に、第一導電型InGaP下側クラッド層30、アンドープInGaAsPガイド層32、アンドープInGaPエッチングストップ層34、活性層36及び第一導電型とは反対導電型の第二導電型InGaP保護層38を積層する。

【0020】この実施例では、第一導電型をn型及び第二導電型をp型とするものであって、MOVPE法により、n-GaAs基板28の(100)基板面28a上に順次に、n-InGaP下側クラッド層30、アンドープInGaAsPガイド層32、アンドープInGaPエッチングストップ層34、InGaAs/GaAs歪み量子井戸活性層36及びp-InGaP保護層38

をエピタキシャル成長させる(図1)。これら各層32、34、36及び38を、(100)基板面28aに格子整合させながら連続した結晶として順次に成長させる。

【0021】ガイド層32の組成及び厚さは半導体レーザの発振特性に影響を与えるので、その組成及び厚さを適正な値に決定する必要がある。ここでは、ガイド層32のバンドギャップ波長を760～830nm程度とするようにガイド層32の組成を定め、ガイド層32の厚さを0.1～0.2μm程度とする。

【0022】活性層36は歪み超格子より成る量子井戸構造を有し、アンドープGaAs層の間にアンドープInGaAs層を挟むようにこれらInGaAs層及びGaAs層を交互に積層して歪み超格子を形成する。この場合、歪み超格子を形成するアンドープInGaAs層の組成及び厚さを適宜決定することにより、半導体レーザの発振波長を制御できる。例えば発振波長を980nm程度とするには、厚さ6～7nm程度のアンドープIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As層(但し0.15≤X≤0.18)を形成すれば良い。

【0023】(1-2)次に、保護層38及び活性層36をエッチングし、一方及び他方の非光吸収領域A及びBの間に、島状保護層38a及び島状活性層36aを形成する。

【0024】この実施例では、保護層38上に保護層全面にわたって、エッチングマスク材料例えばSiO<sub>2</sub>を積層する。然る後、フォトリソ及びエッチング技術により、エッチングマスク材料をエッチングし、エッチングマスク40を形成する(図2)。好ましくは、保護層38をエッチングしないようにエッチングマスク材料のみを選択的にエッチングする。

【0025】エッチングマスク40は島状保護層38a及び島状活性層36aに対応する領域を覆い、非光吸収領域A、Bを露出する。半導体レーザ素子を構成するための光共振器の一方及び他方の共振器端面の位置を符号Cを付して示せば、レーザ光出射方向イにおいて、これら一方及び他方の共振器端面位置Cが挟む領域内の中央部をエッチングマスク40で覆う。そしてエッチングマスク40と一方の共振器端面位置Cとを距離T1だけ離間させ、エッチングマスク40から一方の共振器端面位置Cまでの領域を非光吸収領域Aとして露出させる。またエッチングマスク40と他方の共振器端面位置Cとを距離T2だけ離間させ、エッチングマスク40から他方の共振器端面位置Cまでの領域を非光吸収領域Bとして露出させる。従って出射方向イにおけるこれら領域A及びBの幅はそれぞれT1及びT2である。出射方向イにおけるエッチングマスク40の幅T3は出射方向イにおける島状活性層36aの長さを決定するものであって、従って幅T3は半導体レーザの発振閾値電圧、発振効率及び最高出力に密接に関与する。ここではこれを考

慮して幅 $T3=500\sim700\mu m$ 程度とする。

【0026】また複数の半導体レーザを並行して同一プロセスで製造すべく、複数のエッチングマスク40をレーザ発振光の出射方向イに所定間隔 $T0$ で離間させて並列配置し、これらエッチングマスク40をそれぞれ出射方向イと直交する方向ロにストライプ状に延在させる。この場合、間隔 $T0$ は、非光吸収領域Aの幅 $T1$ と非光吸収領域Bの幅 $T2$ との和に等しく、例えば $T1$ 及び $T2$ を従来技術の場合と同様に $T1=T2=25\mu m$ とすれば、 $T0=50\mu m$ である。方向イ及びロはそれぞれ、例えば、後掲の表1に示す方向に平行な方向である。

【0027】エッチングマスク40を形成し終えたら、次いで、活性層36をエッチングしないように保護層38を選択的にエッチングして、島状保護層38aを形成する(図3(A))。非光吸収領域A、Bに対応する領域の保護層38を活性層36に至る深さまでエッチング除去し、エッチングマスク40に対応する領域に残存する保護層38より成る島状保護層38aを得る。このような選択的エッチングは、例えば塩素系エッチャントを用いたウェットエッチングにより、行なうことができる。塩素系エッチャントとしては、例えば市販の電子工業用 $HCl$ と $H_2O$ とを体積比4:1で混合したものを用いれば良い。然る後、エッチングマスク40をエッチング除去する。好ましくは、活性層36及び島状保護層38aをエッチングしないようにエッチングマスク40を選択的にエッチング除去する。この選択的エッチングは、例えばエッチャントとして沸酸を用いたウェットエッチングにより、行なうことができる。

【0028】次いで、エッチングマスクとして島状保護層38aを用い、この層38aをエッチングしないように活性層36を選択的にエッチングして、島状活性層36aを形成する(図3(B))。非光吸収領域A、Bに対応する領域の活性層36をエッチングストップ層32に至る深さまでエッチング除去し、島状保護層38aに対応する領域に残存する活性層36から成る島状活性層36aを得る。このような選択的エッチングは、例えばエッチャントとしてアンモニア及び過酸化水素の混合液を用いたウェットエッチングにより、行なうことができる。アンモニア及び過酸化水素の混合液としては、例えば市販の電子工業用アンモニア水と市販の電子工業用過酸化水素水と純水とを体積比1:4:15で混合したものをを用いれば良いが、この場合、活性層36を深さ方向にエッチングした後に横方向(活性層36に沿う方向)にもエッチングが進む。そこで非光吸収領域A、Bに対応する領域の活性層36をエッチングストップ層32に至る深さまでエッチング除去し従って島状活性層36aを形成できたら、横方向のエッチングを極力抑制すべくその後速やかにエッチャントを水で洗い流す。アンモニア、過酸化水素及び水をモル比1:4:15で混合した

エッチャントの場合、エッチャントの温度を $20^{\circ}C$ にして約10秒間選択エッチングを行なうことにより島状活性層36aを形成できるので、約10秒間のエッチングの後速やかにエッチャントを水で洗い流せば良い。

【0029】上述のようにして非光吸収領域A、Bから活性層36を除去しこれら領域A、Bの間に島状活性層36aを形成することにより、NAM(Non-absorbing Mirros)構造を形成できる。

【0030】(1-3)次に、島状保護層38a上に順次に、第二導電型InGaP上側クラッド層42及び第二導電型GaAsコンタクト層44を積層する。

【0031】この実施例では、MOVPE法により、島状保護層38a上に順次に、p-InGaP上側クラッド層42及びp-GaAsコンタクト層44をエピタキシャル成長させる(図4)。これら各層42及び44を、(100)基板面28aに格子整合させながら連続した結晶として順次に成長させる。

【0032】レーザ発振光は島状活性層36aから出射され非光吸収領域A或はBを伝搬して共振器端面に至り、共振器端面で反射されて再び島状活性層36aに入射する。この再入射の際にレーザ発振光を効率良く島状活性層36aに入射させるため、ガイド層32のバンドギャップを、下側クラッド層30、エッチングストップ層34及び上側クラッド層42よりも小さくすると共に島状活性層36よりも大きくする。これと共にガイド層32を後述するようにメサストライプ構造とすることにより、このメサストライプ構造に沿って光の導波構造を形成することができ、その結果、レーザ発振光を効率良く島状活性層36へ再入射させることができる。

【0033】また下側クラッド層30、ガイド層32、エッチングストップ層34及び上側クラッド層42を共振波長に対して透明とすることにより、非光吸収領域A、Bにおけるレーザ発振光の吸収を抑制する。この結果、光吸収による光共振器の破壊を抑制できる。

【0034】(1-4)次に、コンタクト層44から下側クラッド層30までの各層をエッチングして、メサストライプ構造46を一方の共振器端面位置Cから他方の共振器端面位置Cまで形成する。

【0035】この実施例では、コンタクト層44上にコンタクト層全面にわたって、エッチングマスク材料例えば $SiO_2$ を積層する。然る後、フォトリソ及びエッチング技術により、エッチングマスク材料をエッチングし、エッチングマスク48を形成する(図5)。好ましくは、コンタクト層44をエッチングしないようにエッチングマスク材料のみを選択的にエッチングする。

【0036】エッチングマスク48はメサストライプ構造46に対応する領域(以下、メサストライプ形成領域D)を覆い、それ以外の領域(以下、メサストライプ非形成領域E)を露出する。半導体レーザ素子を形成する領域の方向ロにおける一方及び他方の端縁位置を符号

Dを付して示せば、方向口において、これら一方及び他方の端縁位置Dが挟む領域内の中央部をエッチングマスク48で覆う。そしてエッチングマスク48と一方の端縁位置Dとを所定距離だけ離間させ、エッチングマスク48から一方の端縁位置Dまでの領域を一方のメサストライプ非形成領域Eとして露出させる。またエッチングマスク48と他方の端縁位置Dとを所定距離だけ離間させ、エッチングマスク48から他方の端縁位置Dまでの領域を他方のメサストライプ非形成領域Eとして露出させる。

【0037】また複数の半導体レーザを並行して同一プロセスで製造すべく、複数のエッチングマスク48を方向口に所定間隔例えば350 $\mu$ m間隔で離間させて並列配置し、これらエッチングマスク48を出射方向イにストライプ状に延在させる。

【0038】エッチングマスク48を形成し終えたら、次いで、ウェットエッチングにより、コンタクト層44、上側クラッド層42、島状保護層38a、島状活性層36a、エッチングストップ層34、ガイド層32及び下側クラッド層30の各層を順次にエッチングして、それぞれ断面形状がメサ形状のメサコンタクト層44a、メサ上側クラッド層42a、メサ保護層38b、メサ活性層36b、メサエッチングストップ層34a、メサガイド層32a及びメサ下側クラッド層30aより成るメサストライプ構造46を形成する(図6(A))。下側クラッド層30はメサ下側クラッド層30aとこれよりも層厚の薄い平坦部30bを有する平凸型の層に形成する。平坦部30bはほぼ平坦な表面を有する。

【0039】このようなエッチングは、例えばHBr、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>及びH<sub>2</sub>Oの混合液より成るエッチャントを用いることにより、行なうことができる。方向口におけるエッチングマスク48の幅を3~5 $\mu$ mとすることにより、方向口における幅が1~2 $\mu$ m程度のメサ活性層36bを形成する。

【0040】(1-5)次に、メサストライプ構造46の両側部の下側クラッド層30上に順次に、第二導電型InGaP下側ブロック層50及び第一導電型InGaP上側ブロック層52を積層し、これらブロック層50、52でメサストライプ構造46の両側部を埋め込む。

【0041】この実施例では、MOVPE法により、下側クラッド層30の平坦部30b上に順次に、p-InGaP下側ブロック層50及びn-InGaP上側ブロック層52をエピタキシャル成長させる(図6

(B))。これら各層50及び52を、(100)基板面28aに格子整合させながら連続した結晶として順次に成長させる。然る後、エッチングマスク48をエッチング除去する。好ましくは、上側ブロック層52をエッチングしないようにエッチングマスク48を選択的にエッチング除去する。

【0042】下側ブロック層50及び上側ブロック層5

2はメサストライプ非形成領域Eにpn接合を形成しメサストライプ形成領域Dにpn接合を形成していないので、メサ活性層36bへの電流注入効率を高めることができる。

【0043】(1-6)次に、メサストライプ構造46のコンタクト層44をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域の間に島状コンタクト層44bを形成する。

【0044】この実施例では、メサストライプ構造46のコンタクト層44すなわちメサコンタクト層44a及び上側ブロック層52上にこれら層全面にわたって、エッチングマスク材料例えばSiO<sub>2</sub>を積層する。然る後、フォトリソ及びエッチング技術により、エッチングマスク材料をエッチングし、エッチングマスク54を形成する(図7)。好ましくは、メサコンタクト層44a及び上側ブロック層52をエッチングしないようにエッチングマスク材料のみを選択的にエッチングする。

【0045】エッチングマスク54は平面的に見てメサ活性層36bとほぼ重なり合う領域のメサコンタクト層44aを覆い、それ以外の領域のメサコンタクト層44aを露出する。

【0046】また複数の半導体レーザを並行して同一プロセスで製造すべく、複数のエッチングマスク54を出射方向イに所定間隔で離間させて並列配置し、これらエッチングマスク54を方向口にストライプ状に延在させる。

【0047】エッチングマスク54を形成し終えたら、次いで、ウェットエッチングにより、メサコンタクト層44aをエッチングし、平面的に見てメサ活性層36bと重なり合う領域に島状に残存する島状コンタクト層44bを形成する(図8(A))。好ましくは、上側ブロック層52をエッチングしないようにメサコンタクト層44aを選択的にエッチングする。然る後、エッチングマスク54をエッチング除去する。

【0048】(1-7)次いで、図8(B)にも示すように、島状コンタクト層44b及び上側ブロック層52上にこれら各層44b及び52を覆う絶縁膜56例えばSiO<sub>2</sub>を形成し、然る後、この絶縁膜56に島状コンタクト層44bを露出する窓56aを形成する。次いで、窓56aを介し露出する島状コンタクト層44b上に電極58を形成する。また基板裏面に電極60を形成する。この実施例では第一導電型をn型及び第二導電型をp型とするので、電極58はp側電極及び電極60はn側電極となる。

【0049】島状コンタクト層44bを、平面的に見てメサ活性層36bとほぼ重なり合う領域に形成しそれ以外の領域には形成していないので、一方及び他方の非光吸収領域A及びBには電流が注入されない。その結果、電流注入による光共振器の破壊を抑制できる。

【0050】次いで、図9にも示すように、一方及び他

方の共振器端面位置Cで劈開し、然る後、一方の共振器端面に高反射膜 (High Reflecting Film) 62を形成すると共に他方の共振器端面に低反射膜 (Anti-Reflecting Film) 64を形成する。然る後、一方及び他方の端縁位置Fで劈開し半導体レーザを個々の素子に分離して、半導体レーザを完成する。

【0051】上述した実施例においては、第一導電型をn型及び第二導電型をp型とするほか、第一導電型をp型及び第二導電型をn型とすることができる。或は、下側クラッド層30及び上側クラッド層42を、InGaP層とするほかInGaAsP層とすることができる。或は、下側ブロック層50及び上側ブロック層52を、InGaP層とするほかInGaAsP層とすることができる。或は、活性層36を、InGaAs/GaAs歪み量子井戸層とするほかInGaAsP/GaAs歪み量子井戸層 (InGaAsP及びGaAsを用いて形成した歪み超格子より成る量子井戸層)、InGaAsP/InGaAs歪み量子井戸層 (InGaAsP及びInGaAsを用いて形成した歪み超格子より成る量子井戸層)、InGaAsP/InGaAs/GaAs歪み量子井戸層 (InGaAsP、InGaAs及びGaAsを用いて形成した歪み超格子より成る量子井戸層)、InGaAsP層及びGaAs層のいずれかひとつとすることができる。活性層36はアンドープとして良いし、活性層36を第一導電型或は第二導電型の活性層としても良い。

【0052】図10は上述した第一発明の実施例で製造した半導体レーザに関わる光出力-動作電流特性の一例を示す図であって、縦軸に光出力 (mW) 及び横軸に動作電流 (mA) を取って示す。同図に示す例では、出射方向Iにおけるメサ活性層36bの長さを700 $\mu$ m、非光吸収領域A及びBの幅T1及びT2をそれぞれ40 $\mu$ mとし、従って光共振器長を780 $\mu$ mとした半導体レーザを製造した。そしてこの半導体レーザを室温20℃において連続動作して光出力-動作電流特性を計測した。メサストライプ構造46を電流ブロック層50、52で埋め込んだ埋込構造としているので、発振閾値は5~7mAである。従来技術の項で述べた文献1の場合には発振閾値が40mAであったのと比較すると、この実施例の場合は半導体レーザの発振閾値を大幅に小さくすることができる。またこの実施例の場合、最高出力の180mA付近までCODは観測されず従ってNAM構造を効果的に形成できていることが理解できる。

【0053】次に第二発明の実施例につき説明する。この実施例は、上述した第一発明の実施例のアンドープInGaAsPガイド層32及びアンドープInGaPエッチングストップ層34をそれぞれ、第一導電型InGaAsPガイド層32及び第一導電型InGaPエッチングストップ層34に置き換えた例であって、そのほかは上述した第一発明の実施例と同様である。以下、第一

発明の実施例と同様の点についてはその詳細な説明を省略する。

【0054】(2-1) 光共振器の一方の共振器端面の側及び他方の共振器端面の側にそれぞれ非光吸収領域A及びBを設けて成る半導体レーザを製造するに当り、まず、第一導電型GaAs基板28上に順次に、第一導電型InGaP下側クラッド層30、第一導電型InGaAsPガイド層32、第一導電型InGaPエッチングストップ層34、活性層36及び第一導電型とは反対導電型の第二導電型InGaP保護層38を積層する。

【0055】この実施例では、第一導電型をn型及び第二導電型をp型とするものであって、MOVPE法により、n-GaAs基板28の(100)基板面28a上に順次に、n-InGaP下側クラッド層30、n-InGaAsPガイド層32、n-InGaPエッチングストップ層34、InGaAs/GaAs歪み量子井戸活性層36及びp-InGaP保護層38をエピタキシャル成長させる (図1)。

【0056】(2-2) 次に、保護層38及び活性層36をエッチングし、一方及び他方の非光吸収領域A及びBの間に、島状保護層38a及び島状活性層36aを形成する。

【0057】この実施例では、保護層38上にエッチングマスク40を形成する (図2)。エッチングマスク40は島状保護層38a及び島状活性層38aに対応する領域を覆い、非光吸収領域A、Bを露出する。次いで、活性層36をエッチングしないように保護層38を選択的にエッチングして、島状保護層38aを形成する (図3(A))。然る後、エッチングマスク40をエッチング除去する。次いで、エッチングマスクとして島状保護層38aを用い、この層38aをエッチングしないように活性層36を選択的にエッチングして、島状活性層36aを形成する (図3(B))。

【0058】(2-3) 次に、島状保護層38a上に順次に、第二導電型InGaP上側クラッド層42及び第二導電型GaAsコンタクト層44を積層する。

【0059】この実施例では、MOVPE法により、島状保護層38a上に順次に、p-InGaP上側クラッド層42及びp-GaAsコンタクト層44をエピタキシャル成長させる (図4)。

【0060】(2-4) 次に、コンタクト層44から下側クラッド層30までの各層をエッチングして、メサストライプ構造46を一方の共振器端面位置Cから他方の共振器端面位置Cまで形成する。

【0061】この実施例では、コンタクト層44上にエッチングマスク48を形成する (図5)。エッチングマスク48はメサストライプ構造46に対応する領域 (メサストライプ形成領域D) を覆い、それ以外の領域 (メサストライプ非形成領域E) を露出する。次いで、ウェットエッチングにより、コンタクト層44、上側クラッド層42、活性層36、保護層38をエッチング除去し、メサストライプ構造46を露出する。

ド層42、島状保護層38a、島状活性層36a、エッチングストップ層34、ガイド層32及び下側クラッド層30の各層を順次にエッチングして、それぞれ断面形状がメサ形状のメサコンタクト層44a、メサ上側クラッド層42a、メサ保護層38b、メサ活性層36b、メサエッチングストップ層34a、メサガイド層32a及びメサ下側クラッド層30aより成るメサストライプ構造46を形成する(図6(A))。

【0062】(2-5)次に、メサストライプ構造46両側部の下側クラッド層30上に順次に、第二導電型InGaP下側ブロック層50及び第一導電型InGaP上側ブロック層52を積層し、これらブロック層50、52でメサストライプ構造46両側部を埋め込む。

【0063】この実施例では、MOVPE法により、下側クラッド層30の平坦部30b状に順次に、p-InGaP下側ブロック層50及びn-InGaP上側ブロック層52をエピタキシャル成長させる(図6(B))。

【0064】(2-6)次に、メサストライプ構造46のコンタクト層44をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域A及びBの間に島状コンタクト層44bを形成する。

【0065】この実施例では、メサストライプ構造46のコンタクト層44すなわちメサコンタクト層44a上にエッチングマスク54を形成する(図7)。エッチングマスク54は平面的に見てメサ活性層36bとほぼ重なり合う領域のメサコンタクト層44aを覆い、それ以外の領域のメサコンタクト層44aを露出する。次いで、ウェットエッチングにより、メサコンタクト層44aをエッチングし、平面的に見てメサ活性層36bと重なり合う領域に島状に残存する島状コンタクト層44bを形成する(図8(A))。

【0066】(2-7)次いで、図8(B)にも示すように、上側ブロック層52を絶縁膜56で覆う。絶縁膜56は、島状コンタクト層44bを露出する窓56aを有する。次いで、窓56aを介し露出する島状コンタクト層44b上に電極58を形成する。また基板裏面に電極60を形成する。

【0067】次いで、図9にも示すように、一方及び他方の共振器端面位置Cで劈開し、然る後、一方の共振器端面に高反射膜62を形成すると共に他方の共振器端面に低反射膜64を形成する。然る後、一方及び他方の端縁位置Fで劈開し半導体レーザを個々の素子に分離して、半導体レーザを完成する。

【0068】上述した実施例においては、第一導電型をn型及び第二導電型をp型とするほか、第一導電型をp型及び第二導電型をn型とすることができる。或は、下側クラッド層30及び上側クラッド層42を、InGaP層とするほかInGaAsP層とすることができる。或は、下側ブロック層50及び上側ブロック層52を、

InGaP層とするほかInGaAsP層とすることができる。或は、活性層36を、InGaAs/GaAs歪み量子井戸層とするほか、InGaAsP/GaAs歪み量子井戸層(InGaAsP及びGaAsを用いて形成した歪み超格子より成る量子井戸層)、InGaAsP/InGaAs歪み量子井戸層(InGaAsP及びInGaAsを用いて形成した歪み超格子より成る量子井戸層)、InGaAsP/InGaAs/GaAs歪み量子井戸層(InGaAsP、InGaAs及びGaAsを用いて形成した歪み超格子より成る量子井戸層)、InGaAsP層及びGaAs層のいずれかひとつとすることができる。活性層36をアンドープとしても良いし、活性層36を第一導電型或は第二導電型の活性層としても良い。

【0069】発明は上述した実施例にのみ限定されるものではなく、従って各構成成分の形状、寸法、配設位置、形成材料、組成、数値的条件及びそのほかを任意好適に変更できる。

【0070】

【表1】

方向イ		<011>方向
方向ロ		<01 $\bar{1} $

【0071】

【発明の効果】上述した説明からも明らかなように、第一及び第二発明の半導体レーザの製造方法によれば、Alを含まないInGaAsP系半導体材料を用いて、半導体レーザを製造するので、結晶成長界面の荒れを少なくすることができる。しかも活性層を含むメサストライプ構造を形成し、この構造の両側部をそれぞれ下側及び上側ブロック層で埋め込むので、活性層横方向における電流の閉じ込めを強くすることができる。これがため、半導体レーザの動作特性を長期間にわたって従来よりも安定に維持することができ、しかも発振閾値電圧を従来よりも低減できる。

【0072】さらにメサストライプ構造のコンタクト層をエッチングして、一方及び他方の非光吸収領域の間に島状コンタクト層を形成する。従ってメサストライプ構造の活性層に島状コンタクト層を介して電流を注入する際に、一方及び他方の非光吸収領域に電流が注入されるのを実質的に無くせる。これがため、電流注入による光共振器端面の破壊を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の説明に供する製造工程図である。

【図2】実施例の説明に供する製造工程図である。

【図3】(A)～(B)は実施例の説明に供する製造工程図である。

【図4】実施例の説明に供する製造工程図である。

【図5】実施例の説明に供する製造工程図である。

【図6】(A)～(B)は実施例の説明に供する製造工

程図である。

【図 7】実施例の説明に供する製造工程図である。

【図 8】(A) ~ (B) は実施例の説明に供する製造工程図である。

【図 9】実施例の説明に供する製造工程図である。

【図 10】実施例の半導体レーザの光出力-動作電流特性を示す図である。

【図 11】(A) ~ (D) は従来技術の説明に供する製造工程図である。

【図 12】(A) ~ (B) は従来技術の説明に供する製造工程図である。

【符号の説明】

28 : 基板

\*

\* 30 : 下側クラッド層

32 : ガイド層

34 : エッチングストップ層

36 : 活性層

36a : 島状活性層

38 : 保護層

38a : 島状保護層

42 : 上側クラッド層

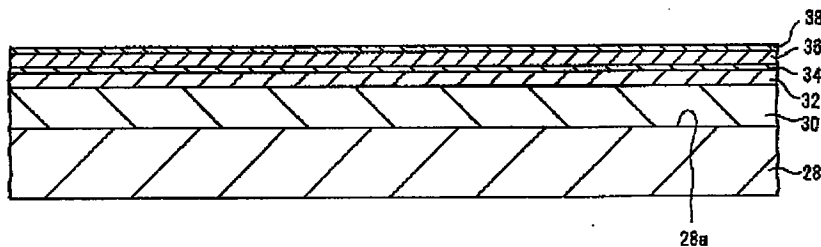
44 : コンタクト層

46 : メサストライプ構造

50 : 下側ブロック層

52 : 上側ブロック層

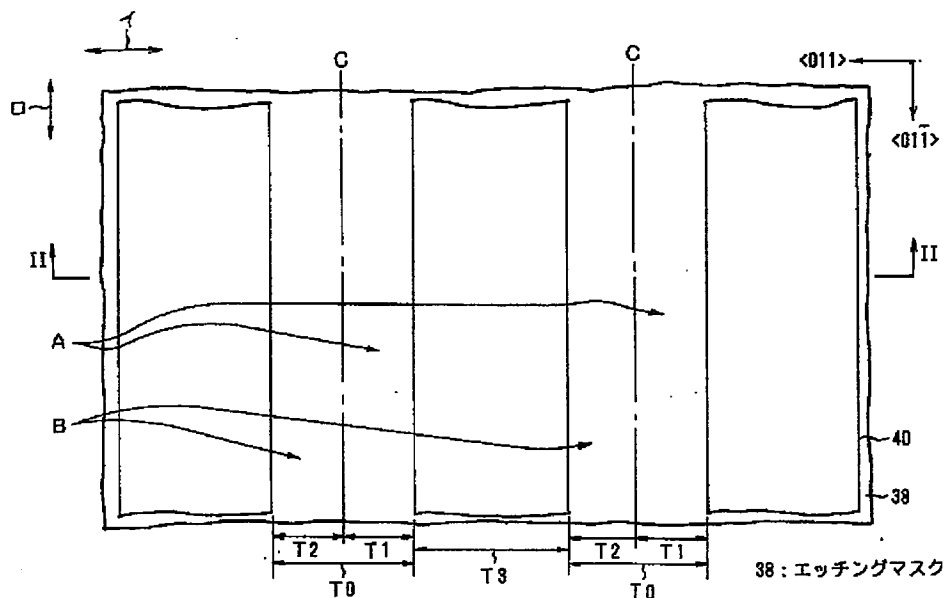
【図 1】



28 : 基板    28a : 基板面    30 : 下側クラッド層    32 : ガイド層  
34 : エッチングストップ層    36 : 活性層    38 : 保護層

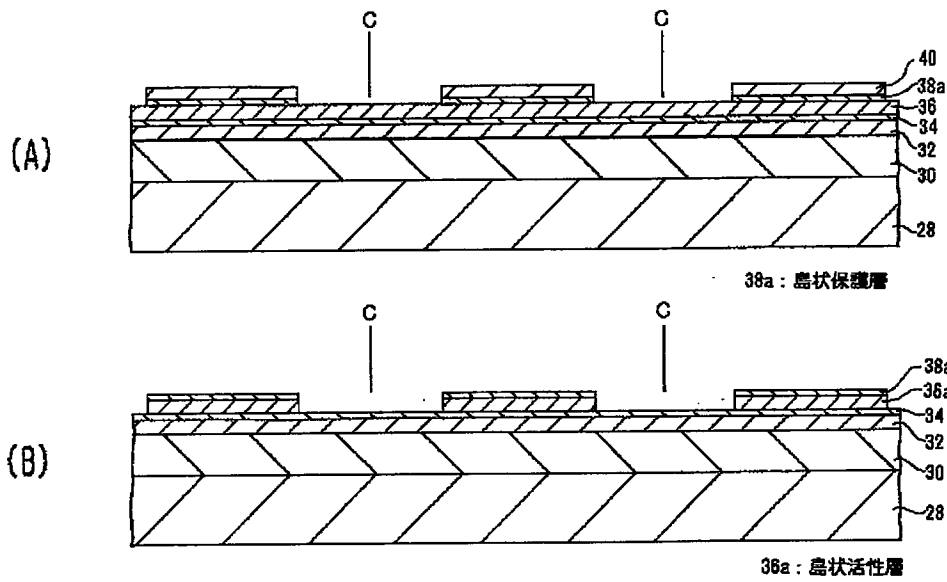
実施例の説明図

【図 2】



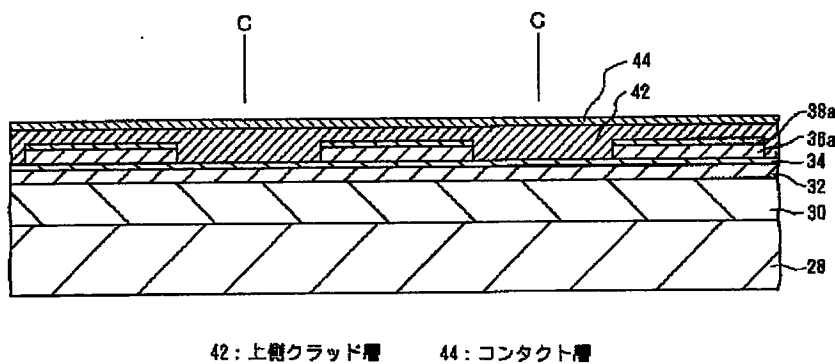
実施例の説明図

【図 3】



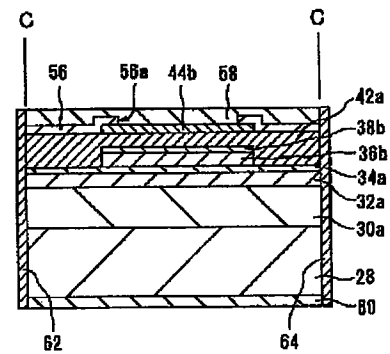
実施例の説明図

【図 4】



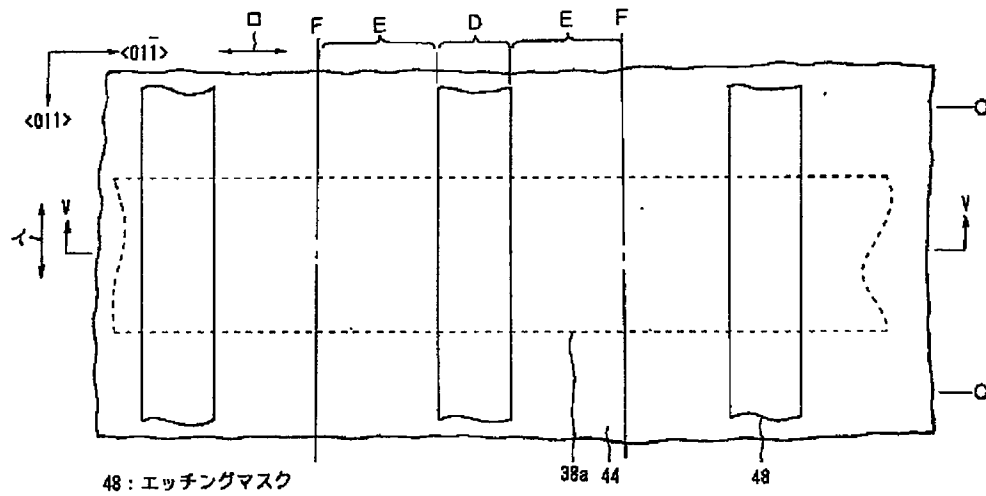
実施例の説明図

【図 9】



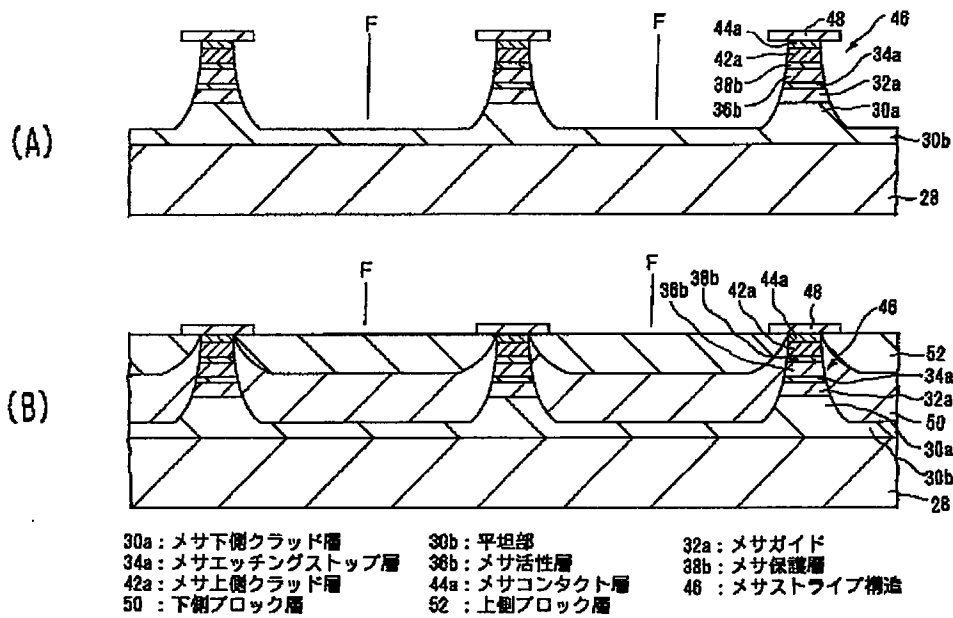
実施例の説明図

【図5】



実施例の説明図

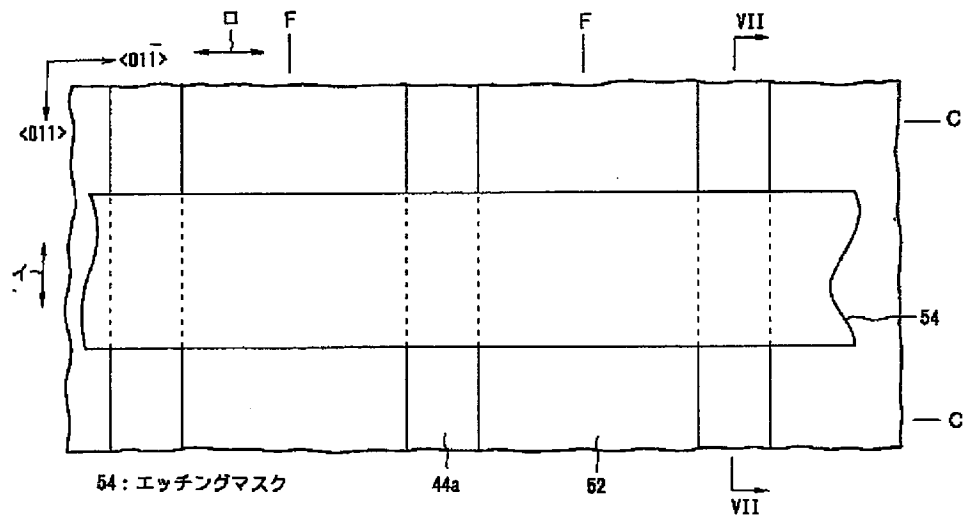
【図6】



実施例の説明図

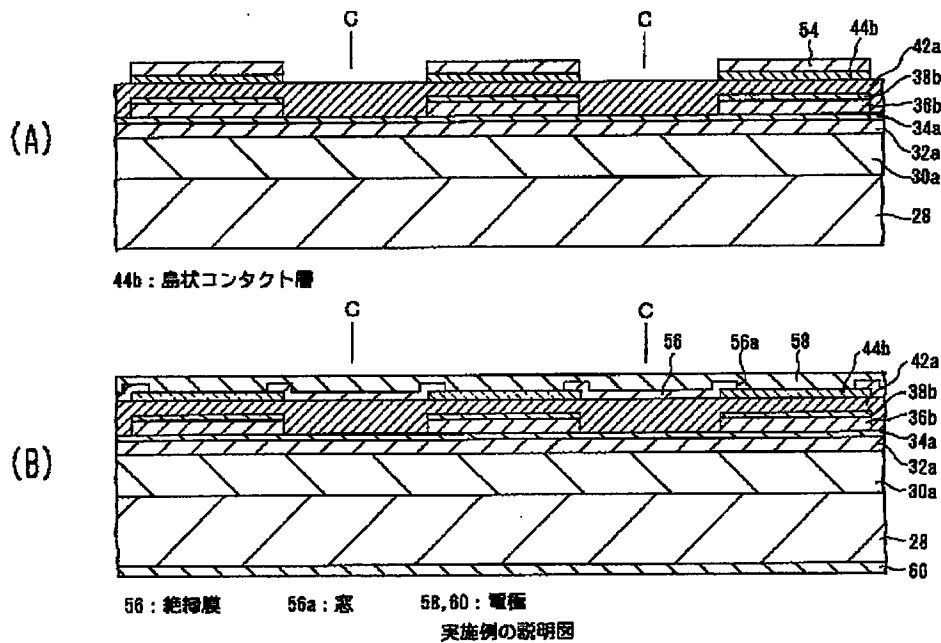


【図 7】



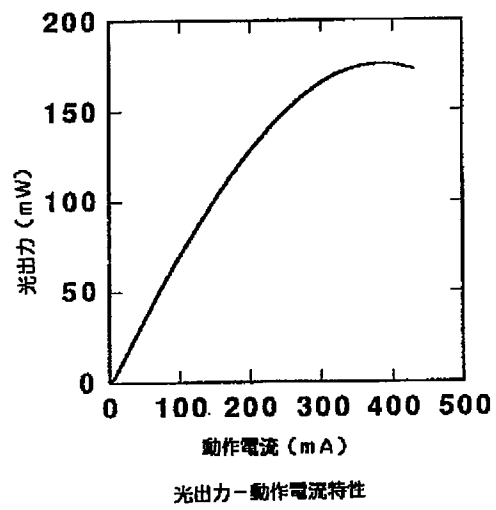
実施例の説明図

【図 8】



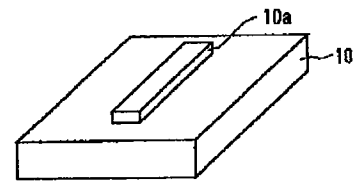
実施例の説明図

【図10】

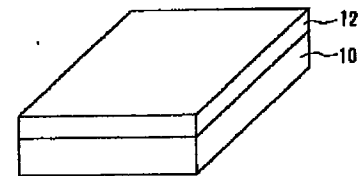


【図11】

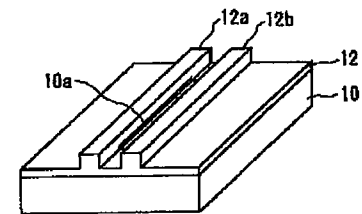
(A)



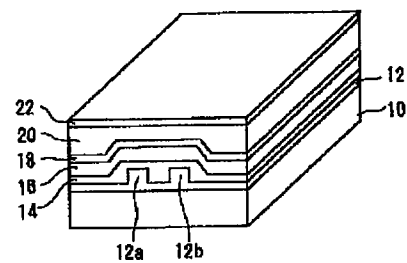
(B)



(C)

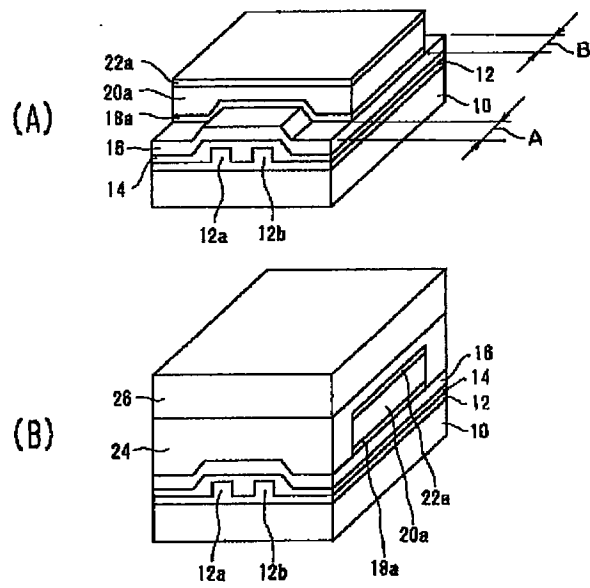


(D)



従来の製造工程図

【図 12】



従来の製造工程図